doi:10.13866/j.azr.2019.06.18

1967—2018年托木尔峰国家级自然保护区降水时空变化特征①

赵景啟， 满苏尔·沙比提， 麦丽开·艾麦提， 尼加提·伊米尔
（新疆师范大学地理科学与旅游学院，新疆 乌鲁木齐 830054）

摘 要：本文选取1967—2018年托木尔峰国家级自然保护区周围6个气象站点的降水数据，对其降水量、降水日数、降水强度进行线性回归分析以及可信度检验。采用Mann-Kendall突变检验法对其降水量进行突变分析，检测降水发生变化的年份。结果显示：①托木尔峰国家级自然保护区多年的降水量、降水日数、降水强度均呈波动增长的趋势。年降水量、降水日数与降水强度均通过显著性水平（$\alpha=0.05$）检验。②托木尔峰国家级自然保护区的降水季节性差异明显，降水主要集中在夏季，增湿主要集中在夏季与秋季。各季节降水量均呈波动增长趋势，通过对各个季节降水量与降水强度增加趋势的可信度检验，发现在0.05水平下春、夏、秋季降水量增加趋势明显，冬季降水强度增加趋势明显。③通过对年降水量的突变分析发现突变年份为1997年，并通过显著性水平（$\alpha=0.05$）检验。

关键词：降水量；时空变化；突变分析；新疆

全球气候变化一直是国内外关注的重点话题，全球变暖是不争的事实，全球变暖亦对降水可能产生影响[1]。秦大河等[2]认为，全球变暖可能造成中纬度地区降水增加，全球变暖将使亚洲季风降水变率加大，很可能加大极端降水发生的频率和幅度。在全球气候变暖的大背景下，我国西北地区降水状况也发生了巨大的变化，气候不断朝着暖湿型转变[3-4]。新疆气候变化与中国西北地区气候变化趋势大体一致，气候总体呈“暖湿化”趋势。降水作为大气最活跃的要素，在各种时空尺度的大气过程中扮演重要的角色[5]。托木尔峰自然保护区地处新疆阿克苏县，是我国海拔最高的自然保护区之一，是新疆重要的水资源补给区，由于其特殊的地理位置，降水量和径流量的变化直接影响下游地区的水资源与生态安全[6-8]，因此，对托木尔峰国家级自然保护区降水时空变化进行研究有重大意义。

近年来，由于气候变化剧烈，国内外对降水变化的研究较多，姚俊强等[9]对中国西北干旱区降水时空特征研究发现，近50 a来西北干旱区降水量增加趋势明显，刘濛濛等[10]对巴音布鲁克近58 a气候变化特征进行了分析，发现该地区年降水量在1999年发生突变，气候由干向湿转型，其未来年降水量将会持续增加。周星妍等[11]在2018年中国气候主要特征及主要天气气候事件研究中发现，2018年全国平均降水量为673.80 mm，比常年偏多7%；夏、秋季降水分别偏多10%和6%，冬季偏少17%，春季接近常年同期。但目前对托木尔峰自然保护区降水时空变化特征的研究较少，且以往的研究大多以托木尔峰南坡中低山带作为研究对象，并未对整个保护区降水变化特征进行分析[12]。托木尔峰自然保护区是我国少见的高山自然保护区之一，其海拔高差较大，地形地貌复杂，各海拔之间气候特征以及地理环境差异巨大，且保护区内没有长期固定的地面气象站，故笔者选择托木尔峰自然保护区及其周围6个气象站点的降水数据，分别代表其高山带、中山带和低山带，并选取这6个站点降水量的平均值来代表托木尔峰自然保护区降水的平均状态。本文通过对托木尔峰自然保护区的降水特征进行分析，以期为阿克苏地区及其河流下游居民的水资源合理开发利用和区域气候变化提供

① **收稿日期：**2019-06-09； **修订日期：**2019-08-08
基金项目：国家自然科学基金项目（41661100，41461107）资助
作者简介：赵景啟（1994-），女，硕士，研究方向为干旱区绿洲环境演变研究．E-mail：1456512884@qq.com
通讯作者：满苏尔·沙比提．E-mail：mansursa@163.com

参考依据。

1 研究区概况

天山托木尔峰国家级自然保护区位于南天山的科克莎尔山与子午岭相汇的山结处(79°50′~80°54′E,41°40′~42°04′N),保护区横向长达105 km,纵宽28 km,总面积2.38×10^5 hm^2,拥有南天山最完整的7个垂直自然带谱[13]。托木尔峰自然保护区气候干燥,昼夜温差大,年内降水分配不均。该保护区是木扎尔特河、大库孜巴依河、小库孜巴依河、大台兰河、小台兰河、塔克拉克河和阿托依那克河等内陆河水系的发源地,是新疆重要的水源补给区,有"天然水塔"之称;其为生物繁衍生存地带,生态地位十分重要,是新疆的生态屏障,其生态环境的优劣直接关系到其下游地区的生态安全[14-16]。

2 数据来源与研究方法

本文所采用的气象数据来源于中国气象数据网(http://data.cma.cn/user/toLogin.html),选取1967—2018年托木尔峰自然保护区及其周围6个气象站点的气象数据,其中气象站点包括靠近保护区北坡的昭苏气象站;保护区南坡西部的吐尔尕特气象站;保护区西南坡的阿合奇气象站;靠近保护区东南坡的拜城气象站;以及保护区周围的温宿气象站和乌什气象站,以此分别代表该保护区高山带、中山带和低山带的降水特征。其中,降水日数为日降水量≥0.10 mm日数的总和,降水强度为各等级降水总量与其对应降水日数之比[17]。利用Origin软件,采用线性回归法,分析托木尔峰国家级自然保护区近52 a降水趋势倾向,以此获得托木尔峰自然保护区降水量、降水日数、降水强度的年际变化趋势曲线和相应的趋势分析方程($y=ax+b$),利用该方程分析其年际和年内降水变化特征。此外,季节的划分依照惯例,12月至次年2月为冬季,3—5月为春季,6—8月为夏季,9—11月为秋季,以此获得其季节性降水数据,并对其进行降水量、降水日数、降水强度季变化特征分析。采用Mann-Kendall突变检验法对年降水量进行突变分析,检测降水发生变化的突变年。

3 结果与分析

3.1 多年降水量、降水日数与降水强度年际变化趋势分析

随着全球气候暖湿趋势的增强,托木尔峰自然保护区降水也处于不断变化的状态。本文采用线性回归法对托木尔峰国家级自然保护区近52 a的降水量、降水日数及降水强度进行趋势分析。

托木尔峰自然保护区1967—2018年降水量(图1)呈波动增长趋势,多年降水量平均值为222.92 mm。其中,最小降水量为139.88 mm,出现于1975年;最大降水量为334.20 mm,出现于2010年;二者相差194.32 mm。其线性变化率为15.29 mm·$(10a)^{-1}$,并通过显著性水平($\alpha=0.05$)检验,增湿趋势明显。

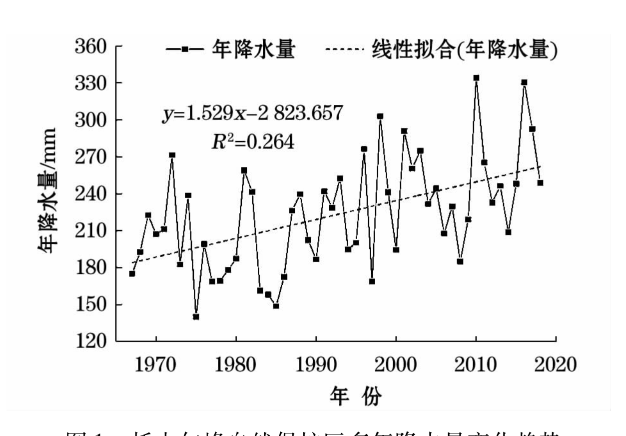


图1 托木尔峰自然保护区多年降水量变化趋势

Fig. 1 The change trend of annual precipitation in Tomur Peak Nature Reserve

1967—2018年托木尔峰自然保护区降水日数呈波动上升趋势(图2),多年降水日数平均值为78.85 d,其中,最小降水日数为58.50 d,出现于1997年;最大降水日数为106.00 d,出现于2005年;二者相差47.50 d。其线性变化率为2.91 d·$(10a)^{-1}$,并通过显著性水平($\alpha=0.05$)检验。

1967—2018年托木尔峰自然保护区降水强度(图3)呈缓慢上升趋势,多年平均降水强度为2.82 mm·d^{-1},其中,最小降水强度为2.17 mm·d^{-1},出现于2008年;最大降水强度为3.79 mm·d^{-1},出现于2016年;二者相差1.62 mm·d^{-1}。其线性变化率为0.09 mm·d^{-1}·$(10a)^{-1}$,并通过显著性水平($\alpha=0.05$)检验。

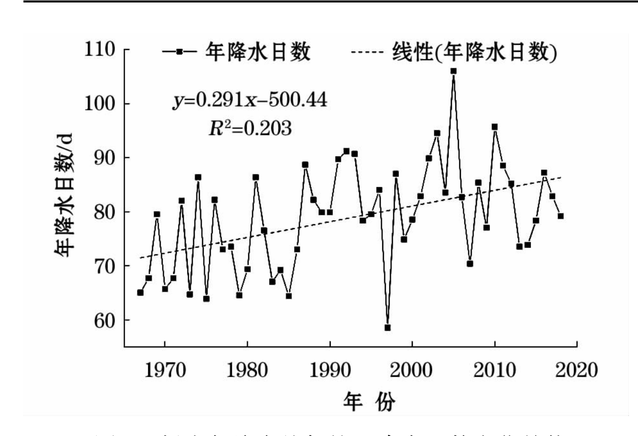


图 2 托木尔峰自然保护区降水日数变化趋势

Fig. 2 Variation trend of precipitation days in Tomur Peak Nature Reserve

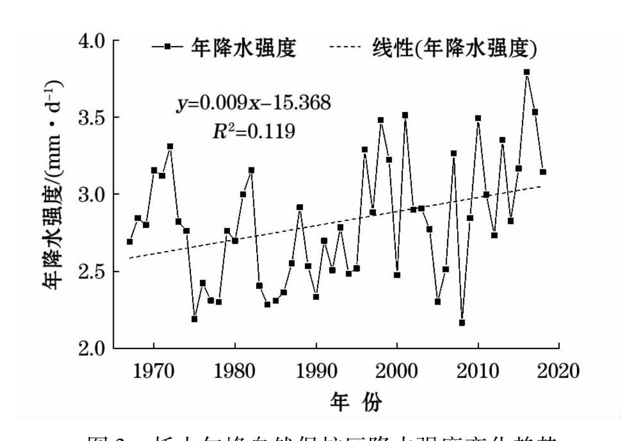


图 3 托木尔峰自然保护区降水强度变化趋势

Fig. 3 Variation trend of precipitation intensity in Tomur Peak Nature Reserve

总体来说,托木尔峰国家级自然保护区年降水量、降水日数与降水强度均呈波动上升的趋势。其中,年降水量的线性变化率为 15.29 mm·$(10a)^{-1}$,年降水日数的线性变化率为 2.91 d·$(10a)^{-1}$,年降水强度的线性变化率为 0.09 mm·d^{-1}·$(10a)^{-1}$,降水量、降水日数、降水强度均呈现不同程度的增加。通过对该保护区降水量、降水日数和降水强度的信度检验发现,均在 0.05 水平上呈显著相关关系,说明托木尔峰自然保护区年降水量、降水日数和降水强度增加趋势明显,该研究区增湿现象明显。

3.2 多年降水量、降水日数、降水强度季节性变化趋势分析

托木尔峰自然保护区春季多年平均降水量为 59.64 mm(图 4),春季降水量占全年降水量的 26.64%。春季最大降水量出现于 1996 年,最大降水量为 98.73 mm;最小降水量出现于 1977 年,最小降水量为 21.05 mm;二者相差 77.68 mm。春季降水量呈波动上升趋势,其线性变化率为 2.37 mm·$(10a)^{-1}$,并通过显著性水平($\alpha=0.05$)检验。春季多年平均降水日数为 19.77 d,其中最大春季降水日数为 28.50 d,出现于 1996 年;最小春季降水日数为 10.33 d,出现于 1977 年;二者相差 18.17 d。多年春季降水强度平均值为 3.01 mm·d^{-1}(图 5),其中最大值出现在 1982 年,降水强度为 4.64 mm·d^{-1},最小值出现于 1975 年,其降水强度为 1.79 mm·d^{-1},二者相差 2.85 mm·d^{-1}。春季多年降水强度亦呈上升趋势,其增长趋势为 0.09 mm·d^{-1}·$(10a)^{-1}$,未通过显著性水平($\alpha=0.05$)检验。

托木尔峰自然保护区夏季(图 6)多年平均降水量为 110.40 mm,夏季降水量占全年降水量的 49.34%。夏季最大降水量出现于 1998 年,最大降水量为 178.08 mm;最小降水量出现于 1984 年,最小降水量为 45.58 mm;二者相差 132.50 mm。夏季

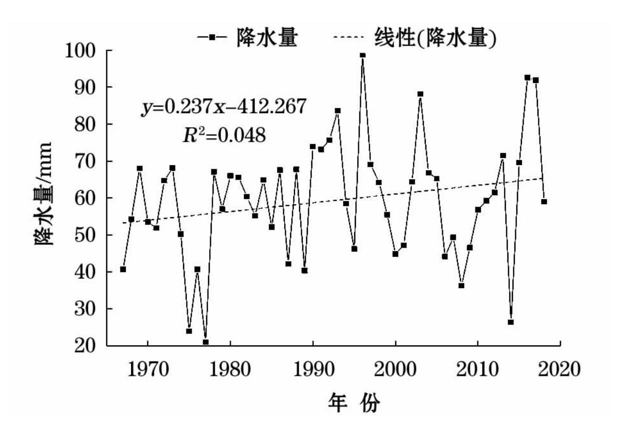


图 4 托木尔峰自然保护区春季降水量变化趋势

Fig. 4 Change trend of spring precipitation in Tomur Peak Nature Reserve

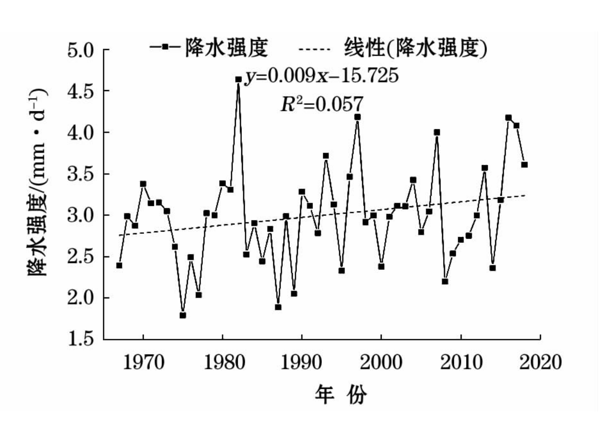


图 5 托木尔峰自然保护区春季降水强度变化趋势

Fig. 5 Change trend of spring precipitation intensity in Tomur Peak Nature Reserve

降水量呈波动上升趋势，其线性变化率为 7.79 mm·(10a)$^{-1}$，并通过显著性水平(α=0.05)检验，上升趋势明显。夏季多年平均降水日数为32.43 d，其中最大降水日数为44.50 d，出现于2005年；最小降水日数为17.67 d，出现于1984年，二者相差26.83 d。夏季降水强度平均值为3.37 mm·d^{-1}(图7)，其中最大值出现在1998年，其降水强度为4.38 mm·d^{-1}，最小值出现于1990年，其降水强度为2.21 mm·d^{-1}，二者相差2.17 mm·d^{-1}。夏季多年降水强度亦呈上升趋势，其增长趋势为0.08 mm·d^{-1}·(10a)$^{-1}$，未通过显著性水平(α=0.05)检验。

托木尔峰自然保护区秋季(图8)年平均降水量为41.47 mm，秋季降水量占全年降水量的18.69%。秋季最大降水量出现于2010年，最大降水量为97.92 mm；最小降水量出现于1997年，最小降水量为14.55 mm；二者相差83.37 mm。秋季降水量呈

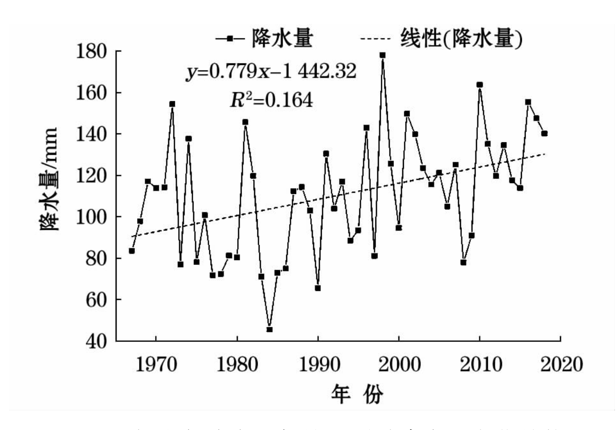


图6 托木尔峰自然保护区夏季降水量变化趋势

Fig. 6 Change trend of summer precipitation in Tomur Peak Nature Reserve

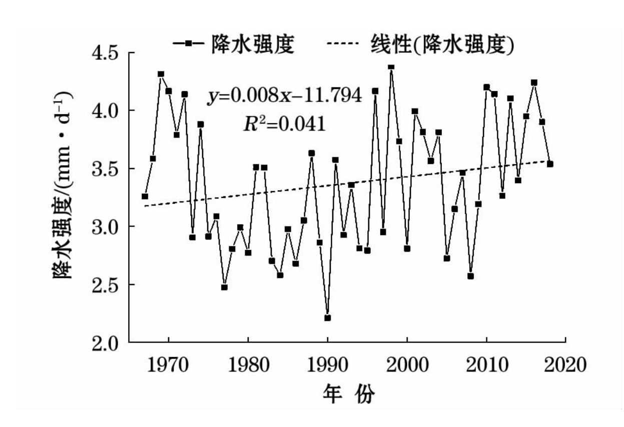


图7 托木尔峰自然保护区夏季降水强度变化趋势

Fig. 7 Change trend of summer precipitation intensity in Tomur Peak Nature Reserve

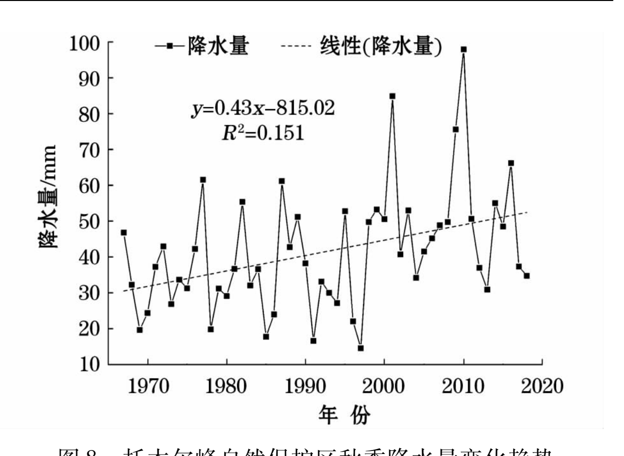


图8 托木尔峰自然保护区秋季降水量变化趋势

Fig. 8 Change trend of autumn precipitation in Tomur Peak Nature Reserve

波动上升趋势，其线性变化率为 4.30 mm·(10a)$^{-1}$，并通过显著性水平(α=0.05)检验。秋季多年平均降水日数为14.63 d，其中最大秋季降水日数为21.67 d，出现于2010年；最小秋季降水日数为8.50 d，出现于1997年，二者相差13.17 d。秋季降水强度(图9)平均值为2.78 mm·d^{-1}，其中最大值出现在2001年，其降水强度为4.59 mm·d^{-1}，最小值出现于1969年，其降水强度为1.71 mm·d^{-1}，二者相差2.88 mm·d^{-1}。秋季多年降水强度亦呈上升趋势，其增长趋势为0.08 mm·d^{-1}·(10a)$^{-1}$，未通过显著性水平(α=0.05)检验。

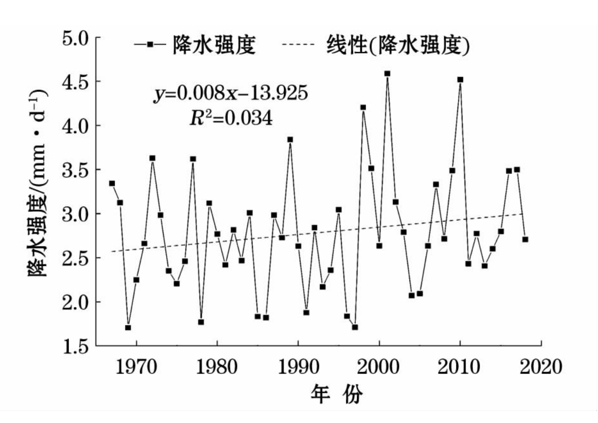


图9 托木尔峰自然保护区秋季降水强度变化趋势

Fig. 9 Change trend of autumn precipitation intensity in Tomur Peak Nature Reserve

托木尔峰自然保护区冬季(图10)年平均降水量为11.85 mm，冬季降水量占全年降水量的5.33%。冬季最大降水量出现于1994年，最大降水量为22.82 mm；最小降水量出现于1996年，最小降水量为3.60 mm；二者相差19.22 mm。冬季降水量

呈波动上升趋势,其线性变化率为 0.77 mm·(10a)$^{-1}$,未通过显著性水平($\alpha=0.05$)检验,增长趋势不明显。冬季多年平均降水日数为 12.12 d,其中最大降水日数为 22.00 d,出现于 2005 年;最小降水日数为 5.00 d,出现于 1996 年;二者相差 17.00 d。冬季降水强度(图 11)平均值为 0.98 mm·d^{-1},其中最大值出现在 2015 年,其降水强度为 1.84 mm·d^{-1},最小值出现于 1967 年,其降水强度为 0.56 mm·d^{-1},二者相差 1.28 mm·d^{-1}。冬季多年降水强度亦呈上升趋势,其增长趋势为 0.07 mm·d^{-1}·(10a)$^{-1}$,通过显著性水平($\alpha=0.05$)检验。

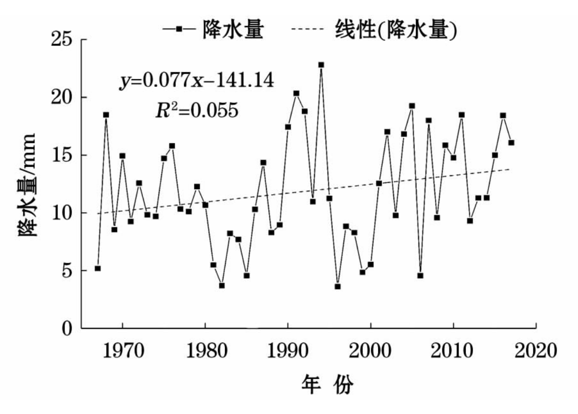


图 10　托木尔峰自然保护区冬季降水量变化趋势

Fig. 10　Change trend of winter precipitation in Tomur Peak Nature Reserve

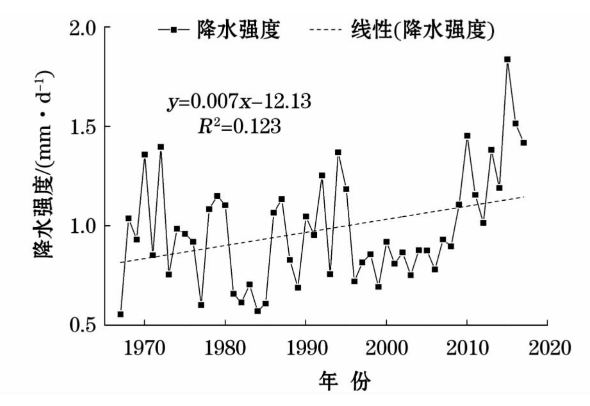


图 11　托木尔峰自然保护区冬季降水强度变化趋势

Fig. 11　Change trend of winter precipitation intensity in Tomur Peak Nature Reserve

托木尔峰自然保护区降水主要集中在夏季,夏季降水量占年降水量的 49.34%,春、冬季降水量大致相同。各季节降水量、降水强度均处于不断增加的状态,春季降水量线性变化率为 2.37 mm·(10a)$^{-1}$,降水强度线性变化率为 0.09 mm·d^{-1}·(10a)$^{-1}$;夏季降水量线性变化率为 7.79 mm·(10a)$^{-1}$,降水强度线性变化率为 0.08 mm·d^{-1}·(10a)$^{-1}$;秋季降水量线性变化率为 4.30 mm·(10a)$^{-1}$,降水强度线性变化率为 0.08 mm·d^{-1}·(10a)$^{-1}$;冬季降水量线性变化率为 0.77 mm·(10a)$^{-1}$,降水强度线性变化率为 0.07 mm·d^{-1}·(10a)$^{-1}$;且通过对各季节降水量、降水强度可信度检验发现,春、夏、秋季降水量在 0.05 水平上呈显著增加状态,冬季降水强度在 0.05 水平上呈显著增加趋势,可知春、夏、秋季降水量增加明显。

3.3　年降水量突变分析

采用 Mann-Kendall 突变检验法对年降水量进行突变分析,检测降水发生变化的突变年。发现年降水量的 *UF* 与 *UB*(图 12)在 1997 年左右有 2 个交点,说明年降水量时间序列在 1997 年左右发生突变,1997 年之后,*UF* 值均大于 0,降水速率加快,说明 1997 年之后年降水量增多,且在 2002 年 *UF* 曲线与临界值 1.96 相交,2002 年以后 *UF* 值均大于 1.96,说明在显著性水平 $\alpha=0.05$ 下,其年降水量呈显著增加趋势。

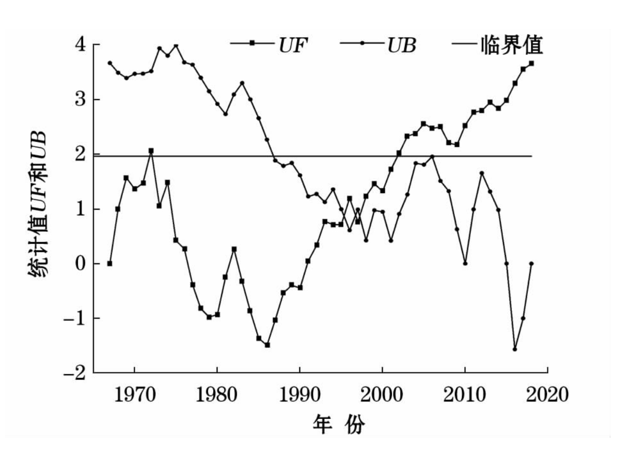


图 12　托木尔峰自然保护区年际降水量突变

Fig. 12　Abrupt change of annual precipitation in Tomur Peak Nature Reserve

4　讨 论

近 52 a 来,托木尔峰自然保护区朝着增湿趋势变化,其降水量、降水日数、降水强度均呈不断上升的趋势,其中年降水量的线性变化率为 15.29 mm·(10a)$^{-1}$,年降水日数的线性变化率为 2.91 d·(10a)$^{-1}$,年降水强度的线性变化率为 0.09 mm·d^{-1}·(10a)$^{-1}$,降水量、降水日数、降水强度均呈现不同程度的增加。且通过对该保护区降水量、降水日数和降水强度的信度检验发现,三者均通过显著

性水平($\alpha=0.05$)检验,可见该区域增湿情况明显,这与托木尔峰自然保护区所处的地理位置有关。托木尔峰自然保护区地处我国西北干旱地区,拥有南天山最完整的7个垂直自然带谱,其海拔较高,降水较为丰富,其增湿现象明显。

托木尔峰自然保护区降水主要集中在夏季,夏季降水量约占年降水量的一半。且各季降水均呈波动上升趋势,春、夏、秋、冬季降水量的线性变化率分别为2.37 mm·$(10a)^{-1}$、7.79 mm·$(10a)^{-1}$、4.30 mm·$(10a)^{-1}$、0.77 mm·$(10a)^{-1}$,通过对其显著性检验发现,除冬季外,其余三季均在0.05水平下呈显著增加趋势,春、夏、秋三季降水量增加明显,增湿主要集中在夏、秋两季,这与苏朝丞等[18]、满苏尔·沙比提等[12]的结论一致。这主要是因为北大西洋的亚速尔高压和冰岛低压增强,使得欧亚大陆北部上空产生显著的西风急流,造成保护区气温偏高,降水偏多[19]。

托木尔峰自然保护区年降水量在1997年左右发生突变,1997年之后降水量增多,且处于增加趋势,并通过显著性水平($\alpha=0.05$)检验,这与年降水量的增长趋势是相吻合的。

5 结 论

(1) 1967—2018年托木尔峰国家级自然保护区多年降水量、降水日数、降水强度均呈波动上升趋势,其中多年平均降水量为222.92 mm,降水量的线性变化率为15.29 mm·$(10a)^{-1}$;多年平均降水日数为78.85 d,其线性变化率为2.91 d·$(10a)^{-1}$;多年平均降水强度为2.82 mm·d^{-1},其线性变化率为0.09 mm·d^{-1}·$(10a)^{-1}$。多年降水量、降水日数、降水强度均通过显著性水平($\alpha=0.05$)检验。

(2) 托木尔峰自然保护区降水季节性变化显著,春、夏、秋、冬季降水量分别占年总降水量的26.64%、49.34%、18.69%、5.33%,降水主要集中在夏季,夏季降水约占年降水量的一半,增湿主要集中在夏季与秋季。各季降水均呈上升趋势,通过对各个季节降水量与降水强度进行可信度检验,发现在0.05水平下春、夏、秋季降水量增加趋势明显,冬季降水强度增加趋势明显。

(3) 托木尔峰自然保护区年降水量的突变年份为1997年,并且通过了显著性水平($\alpha=0.05$)检验。

参考文献(References):

[1] Wentz F J, Ricciardulli L, Hilburn K, et al. How much more rain will global warming bring?[J]. Science, 2007, 317(5 835): 233-235.

[2] 秦大河, Thomas Stocker. IPCC第五次评估报告第一工作组报告的亮点结论[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(1): 1-6. [Qin Dahe, Thomas Stocker. Highlights of the IPCC Working Group I Fifth Assessment Report[J]. Climate Change Reaearch, 2014, 10(1): 1-6.]

[3] 胡汝骥,姜逢清,王亚俊,等. 新疆气候由暖干向暖湿转变的信号及影响[J]. 干旱区地理, 2002, 25(3): 194-200. [Hu Ruji, Jiang Fengqing, Wang Yajun, et al. A study on signals and effects of climate pattern change from warm-dry to warm-wet in Xinjiang[J]. Arid Land Geography, 2002, 25(3): 194-200.]

[4] 施雅风,沈永平,李栋梁,等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 152-164. [Shi Yafeng, Shen Yongping, Li Dongliang, et al. Discussion on the present climate change from warm-dry to warm-wet in Northwest China[J]. Quaternary Sciences, 2003, 23(2): 152-164.]

[5] 刘俊峰,陈仁升,卿文武,等. 基于TRMM降水数据的山区降水垂直分布特征[J]. 水科学进展, 2011, 22(4): 447-454. [Liu Junfeng, Chen Rensheng, Qing Wenwu, et al. Study on the vertical distribution of precipitation in mountainous regions using TRMM data[J]. Advances Water Science, 2011, 22(4): 447-454.]

[6] 刘浦江. 新疆托木尔峰国家级自然保护区资源保护与开发利用现状和对策[J]. 中南林业调查规划, 2014, 33(1): 40-42. [Liu Pujiang. Present situation and countermeasures of protection and exploitation of resources in Xinjiang Tuomuerfeng Nature Reserve[J]. Central South Forest Inventory and Planning, 2014, 33(1): 40-42.]

[7] 赵军,黄永生,师银芳,等. 2000—2012年祁连山中段雪线与气候变化关系[J]. 山地学报, 2015, 33(6): 683-689. [Zhao Jun, Huang Yongsheng, Shi Yinfang, et al. Relationship between snow line change and climate change in the middle of Qilian Mountains during 2000-2012[J]. Mountain Research, 2015, 33(6): 683-689.]

[8] 满苏尔·沙比提,娜斯曼·那斯尔丁,艾萨迪拉·玉苏甫. 天山托木尔峰国家级自然保护区生态系统服务价值评估[J]. 山地学报, 2016, 34(5): 599-605. [Mansur Sabit, Nasima Nasirdin, Asaddulla Yusup. Evaluation on ecosystem service value of Tianshan Tomur National Nature Reserve[J]. Mountain Research, 2016, 34(5): 599-605.]

[9] 姚俊强,杨青,刘志辉,等. 中国西北干旱区降水时空分布特征[J]. 生态学报, 2015, 35(17): 5 846-5 855. [Yao Junqiang, Yang Qing, Liu Zhihui, et al. Spatio-temporal change of precipitation in arid region of the Northwest China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(17): 5 846-5 855.]

[10] 刘濛濛,隆永兰. 巴音布鲁克近58 a气候变化特征分析[J]. 干旱区地理, 2019, 42(4): 715-723. [Liu Mengmeng, Long Yong-

lan. Climatic variation characteristics in Bayinbuluk during the past 58 years[J]. Arid Land Geography,2019,42(4):715 -723.]

[11] 周星妍,曾红玲,王遵娅,等. 2018 年中国气候主要特征及主要天气气候事件[J]. 气象,2019,45(4):543 -552. [Zhou Xingyan,Zeng Hongling,Wang Zunya,et al. Climatic characteristics and major meteorological events over China in 2018[J]. Meteorological Monthly,2019,45(4):543 -552.]

[12] 满苏尔·沙比提,张雪琪,马国飞. 近 55 a 托木尔峰国家级自然保护区气候及径流变化特征[J]. 山地学报,2017,35(6):769 -777. [Mansur Sabit,Zhang Xueqi,Ma Guofei. Climatic and runoff characteristics of Tomur National Nature Reserve for recent 55 years[J]. Mountain Research,2017,35(6):769 -777.]

[13] 马国飞,满苏尔·沙比提,张雪琪. 托木尔峰南坡不同植被类型土壤特性及其与海拔的关系[J]. 草业科学,2017,34(6):1 149 -1 158. [Ma Guofei,Mansur Sabit,Zhang Xueqi. Relationship between soil properties in different vegetation types and altitudes on the south slope of Mt. Tuomuer[J]. Pratacultural Science,2017,34(6):1 149 -1 158.]

[14] 满苏尔·沙比提,娜斯曼·那斯尔丁,阿尔斯朗·马木提. 托木尔峰国家级自然保护区土地利用/覆被生态服务价值变化分析[J]. 地理研究,2016,35(11):2 116 -2 124. [Mansur Sabit,Nasiman Nasirdin,Arslan Mamut. Analysis on the change of land use/cover ecological service value in Tomur National Nature Reserve[J]. Geographical Research,2016,35(11):2 116 -2 124.]

[15] 姜泽群,阿不都拉·阿巴斯,艾尼瓦尔·吐米尔. 新疆托木尔峰国家级自然保护区岩面生地衣多样性的研究[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(5):82 -86. [Jiang Zequn,Abdulla Abbas,Anwar Tumur. The saxicolous lichens diversity in Tomur Peak National Natural Reserve,Xinjiang[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2015,29(5):82 -86.]

[16] 热衣木·马木提,阿地里江,阿不都拉·阿巴斯. 托木尔峰自然保护区地衣的地理成分及垂直分布[J]. 东北林业大学学报,2010,38(10):44 -47,50. [Reyim Mamut,Adiljan,Abudul Laabbas. Eco-geographical characteristics and vertical distribution of lichens in Tomur Peak Natural Reserve,Xinjiang[J]. Journal of Northeast Forestry University,2010,38(10):44 -47,50.]

[17] 付建新,曹广超,李玲琴,等. 1960—2014 年祁连山南坡及其附近地区降水时空变化特征[J]. 水土保持研究,2018,25(4):152 -161. [Fu Jianxin,Cao Guangchao,Li Lingqin,et al. Analysis of temporal and spatial variation characteristics of precipitation in the south slope of Qilianshan Mountains and its nearby regions during 1960 -2014[J]. Research of Soil and Water Conservation,2008,25(4):152 -161.]

[18] 苏朝丞,谢葭颖. 1988—2017 年乌鲁木齐市降水变化特征分析[J]. 现代农业科技,2018(16):188,191. [Su Zhaocheng,Xie Jiaying. Analysis of precipitation changes in Urumqi from 1988 to 2017[J]. Modern Agricultural Science and Technology,2018(16):188,191.]

[19] 慈晖,张强,张江辉,等. 1961—2010 年新疆极端降水过程时空特征[J]. 地理研究,2014,33(10):1 881 -1 891. [Ci Hui,Zhang Qiang,Zhang Jianghui,et al. Spatiotemporal variations of extreme precipitation events within Xinjiang during 1961 -2010[J]. Geographical Research,2014,33(10):1 881 -1 891.]

Spatiotemporal Variation of Precipitation in Tomur Peak Nature Reserve from 1967 to 2018

ZHAO Jing-qi, Mansur Sabit, Mailikai Aimaiti, Nijiati Yimier

(*School of Geographic Science and Tourism*, *Xinjiang Normal University*, *Urumqi* 830054, *Xinjiang*, *China*)

Abstract: In this paper, the precipitation data from 6 meteorological stations around Tomur Peak Nature Reserve from 1967 to 2018 were selected for linear regression analysis and reliability test of precipitation, precipitation days and precipitation intensity. The results showed that: ① The annual precipitation, precipitation days and precipitation intensity in Tomur Peak Nature Reserve were all in a fluctuating trend, and they all passed the significance level ($\alpha = 0.05$) test; ② The seasonal difference of precipitation in Tomur Peak Nature Reserve was obvious. Precipitation was mainly concentrated in summer, and the humidification was mainly concentrated in summer and autumn. Seasonal precipitation was in an increase trend in a fluctuation way. The credibility test of the increase trend of precipitation and precipitation intensity in each season revealed that the increase trend of precipitation in spring, summer and autumn was obvious at the level of 0.05, and the increase trend of precipitation intensity in winter was obvious; ③ An annual precipitation mutation occurred in 1997, and the significance level ($\alpha = 0.05$) was tested.

Key words: precipitation; spatiotemporal change; mutation analysis; Xinjiang